

T/SDSES

山东环境科学学会团体标准

T/SDSES XXX—202X

中小型绿色低碳智慧市政污水处理设施集成装配规范

Technical specification for integrated prefabrication and assembly of small and medium-sized low-carbon smart municipal wastewater treatment facilities

(征求意见稿)

202 - - 发布

202 - - 实施

山东环境科学学会 发布

目 次

前言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 基本规定 2

5 系统设计与集成要求 3

6 建设与装配要求 7

7 智慧化与低碳运行要求 9

8 质量控制与验收要求 10

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由山东环境科学学会提出并归口。

本文件起草单位：海普欧环保集团有限公司、山东建筑大学、中碳绿能(山东)数字科技有限公司。

本文件主要起草人：颜炳林、刘兵、王海龙、王静、孙秀芹、杨青、赵雄魁、于洁、王秉灏、秦子仪、杨丽丽、张坤、薛灵芝、汪宇涵、肖琨、施文杰。

本文件为首次发布。

中小型绿色低碳智慧市政污水处理设施集成装配规范

1 范围

本文件规定了中小型绿色低碳智慧市政污水处理集成装备的设计、制造、装配与验收等技术要求。本文件适用于单厂设计处理规模为 500 m³/d~50 000 m³/d 的市政污水处理集成装备。

本文件不适用于以高浓度、高盐、高毒工业废水为主或需采用专门工艺路线处理的污水处理工程；含工业废水的混合污水处理工程在经预处理后满足常规市政污水处理条件时，可参照本文件执行。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB 1589 道路车辆外廓尺寸、轴荷及质量限值
 GB/T 2589 综合能耗计算通则
 GB/T 3836.1 爆炸性环境 第1部分：设备通用要求
 GB/T 3836.2 爆炸性环境 第2部分：由隔爆外壳"d"保护的设备
 GB/T 3836.4 爆炸性环境 第4部分：由本质安全型"i"保护的设备
 GB/T 9119 平面、突面板式平焊钢制管法兰
 GB/T 11918.1 工业用插头插座和耦合器 第1部分：通用要求
 GB/T 12723 单位产品能源消耗限额编制通则
 GB 18918 城镇污水处理厂污染物排放标准
 GB/T 43441.1—2023 信息技术 数字孪生 第1部分：通用要求
 GB 50303 建筑电气工程施工质量验收规范
 CJ/T 51 城市污水水质检验方法标准
 HJ 212 污染物自动监测监控系统数据传输技术要求

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

集成装备 integrated equipment

采用模块化设计，在工厂完成主要结构、设备、管道、电气与自动化控制系统的预制与集成，运输至现场后仅需进行装配连接的成套污水处理设施。

注：集成装备的工厂预制率不应低于80%，应具备装备级智慧功能与绿色低碳性能。

3.2

工厂预制率 prefabrication rate

装备在工厂内完成的结构、设备、管道、电气与仪控等工程量占全部工程量的质量百分比。

3.3

模块化设计 modular design

将污水处理系统按功能或工艺划分为多个标准化单元（模块），通过工厂预制后在现场进行快速组装的设计方法。

3.4

装备级智慧 equipment-level intelligence

在工厂预集成的感知、控制、通讯与数据处理能力，使装备具备即插即用的远程监控、工况优化与预测性维护功能。

注：装备级智慧区别于后期加装的自动化系统，其控制算法、数据接口应在工厂完成编程验证。

3.5

数字孪生 digital twin

利用实时数据、机理模型与数据驱动模型，对污水处理设施建立与物理对象同步映射的虚拟模型，实现状态可视化、工况仿真、运行优化与预测性维护等功能。

[来源：GB/T 43441.1—2023, 3.4, 有修改]

3.6

精准曝气 precise aeration

基于溶解氧（DO）、氨氮（NH₃-N）、硝态氮（NO₃⁻-N）或氧化还原电位（ORP）等多参数联动控制，实时优化曝气量的节能控制技术。

3.7

智慧水务系统 smart water management system

利用物联网、大数据、云计算、人工智能等信息技术，实现污水处理设施实时监控、智能控制、数据分析与决策支持的集成系统。

3.8

可再生能源替代率 renewable energy substitution rate

污水处理设施运行过程中，可再生能源及余能回收利用量占总能耗的比例。

3.9

单位水量碳排放强度 carbon emission intensity per unit water volume

污水处理设施运行过程中，单位处理水量所产生的二氧化碳当量排放量，单位为kgCO₂e/m³。

4 基本规定

4.1 总则

集成装备的设计、制造、装配与验收应遵循下列原则：

- a) 应采用模块化设计，工厂预制率不应低于 80%；
- b) 应具备装备级智慧功能，控制系统应在工厂完成编程与调试；
- c) 应建立全生命周期碳排放核算机制；
- d) 现场装配周期不宜超过同等规模传统建设周期的 50%。

4.2 设计基本要求

集成装备的设计应符合下列要求：

- a) 设计文件应包括工艺流程及计算书、模块划分与接口清单、智慧水务点表与数据字典、能效与碳排放核算边界、FAT/SAT 与性能考核方案；
- b) 出水水质应满足 GB 18918 或地方排放标准的相应等级要求；当接纳水体或回用场景有更严格要求时，应通过强化处理单元满足相应控制指标；
- c) 设计应兼顾全过程能效与碳排放控制目标，优先采用高效机电设备、变频控制、余能回收与可再生能源替代。

4.3 出水水质要求

常规情况下，出水应稳定达到GB 18918相应等级要求（如一级A）；当受纳水体或功能区有更严格要求时，应通过深度处理单元使出水达到或接近地表水Ⅳ类标准。

出水水质监测应符合下列要求：

- a) 应明确取样点位、监测频次与数据比对方法；
- b) 在线监测数据应与智慧运维平台对接，实现数据校核与存档；
- c) 人工比对监测应按日/周/月计划实施，监测方法应符合 CJ/T 51 的规定。

4.4 能效与碳排放要求

能效与碳排放控制应符合下列要求：

- a) 单位水量能耗应符合 GB/T 2589、GB/T 12723 及地方能耗限额标准的相应要求；
- b) 应建立分项计量系统，对主要用能设备进行单独计量；
- c) 应建立碳排放核算机制，年度碳排放核算应覆盖能源消耗与工艺过程排放；
- d) 单位水量碳排放强度应不高于 $0.35 \text{ kgCO}_2\text{e}/\text{m}^3$ （500–5000 m^3/d ）或 $0.30 \text{ kgCO}_2\text{e}/\text{m}^3$ （ $>5000 \text{ m}^3/\text{d}$ ）。

4.5 智慧化要求

智慧化功能应符合下列要求：

- a) 应配置在线监测仪表，实现对流量、DO、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、TN、TP、SS 等关键参数的连续监测；
- b) 应配置 PLC/SCADA 控制系统，实现对曝气、加药、回流等单元的联动控制；
- c) 应支持远程监控、参数下发与故障预警功能；
- d) 数据传输应符合 HJ 212 的规定。

5 系统设计与集成要求

5.1 设计原则

系统设计应以“低碳、高效、可复制、易运维”为目标，形成设计—制造—装配—调试—运维的全生命周期闭环。设计应遵循下列原则：

- a) 绿色低碳：优先采用高效机电设备、变频控制、余能回收与可再生能源替代；
- b) 模块化集成：模块划分应覆盖预处理、生化反应、深度处理、污泥处理、加药、仪控与电气等功能单元；
- c) 标准化生产：模块与构件应采用统一的编码体系、制造工艺与检验程序；
- d) 智慧管理：应配置在线监测、PLC/SCADA、边缘网关与远程运维平台。

5.2 模块体系划分

5.2.1 模块体系应按功能划分为下列单元：

- a) 预处理模块：包括格栅、沉砂、调节等功能单元；
- b) 主体生化处理模块：包括高效生物增效技术、 A^2O 、MBR 等工艺单元；
- c) 深度处理模块：包括过滤、消毒、臭氧/活性炭等可选单元；
- d) 污泥处理模块：包括浓缩、脱水等功能单元；
- e) 加药与消毒模块：包括药剂储存、投加系统；
- f) 智慧控制模块：包括 PLC/SCADA、边缘网关、远程运维平台；

g) 能源管理模块：包括光伏、储能、EMS 等可选单元。

5.2.2 模块划分应符合下列原则：

- a) 单模块处理能力宜按 500 m³/d、1 000 m³/d、2 000 m³/d 的标准化规格系列划分，特殊规模可按倍数组组合；
- b) 模块外形尺寸应结合道路运输条件与现场吊装能力确定，宜符合 GB 1589 规定的外廓尺寸限值；构件几何尺寸偏差不应大于 2 mm；
- c) 模块接口应采用标准化设计，形成统一的接口边界与编码规则，保证不同批次、不同供货周期的模块可实现无缝对接。

5.3 工艺流程设计

5.3.1 应根据进水水质、出水要求、用地条件、气候特征等因素，选择适宜的工艺路线，宜采用高效生物增效技术或 A²O、MBR 等工艺单元；

5.3.2 工艺设计参数应包括水力停留时间、污泥龄、回流比、曝气方式等关键参数，且应根据所采用工艺的技术文件确定；无具体技术文件时，可参考下列范围：

- a) 生化池污泥龄：宜为 10 d~20 d；
- b) 水力停留时间：生化段不宜小于 6 h~8 h；
- c) 污泥回流比：宜为 50%~100%；
- d) 混合液回流比：宜为 100%~200%。

5.3.3 工艺单元应具备应对进水水质波动的能力，设计应考虑峰值流量（1.2 倍~1.5 倍平均日流量）与冲击负荷的安全余量，确保出水稳定达标。

5.4 模块接口要求

5.4.1 机械接口

机械接口应符合下列要求：

- a) 模块应明确基础连接方式、吊装点、受力结构、检修通道与检修空间；
- b) 模块箱体与框架结构可采用焊接连接、螺栓连接或焊接与螺栓组合连接；
- c) 对需要拆装维护、可搬迁或需快速更换的部位应采用螺栓连接；对长期固定承载与密封要求高的部位应采用焊接连接；
- d) 采用螺栓连接时，应明确螺栓强度等级（不低于 8.8 级）、预紧力/扭矩控制要求及防松措施（采用双螺母或防松垫片）；
- e) 采用焊接连接时，应明确焊接工艺评定、焊缝等级（不应低于三级）与无损检测要求（射线检测比例不应低于 20%）。

5.4.2 工艺接口

工艺接口应符合下列要求：

- a) 模块应明确进出水管径、法兰规格、阀门型式、旁通与排空/排泥口设置要求；

- b) 涉及回流、排泥、加药、曝气等接口时，应标注接口方向、标高、压力等级与密封方式；
- c) 设备接口宜采用法兰连接（GB/T 9119 平面板式平焊钢制管法兰，公称压力不低于 PN10）；管道连接可采用 HDPE 热熔连接或法兰连接，具体根据工艺包配置确定；
- d) 关键管线应设置必要的阀门、旁通、排空与放散口，阀门应采用耐腐蚀材质（SS304 及以上或工程塑料），并预留检修操作空间。

5.4.3 电气接口

电气接口应符合下列要求：

- a) 模块应明确供配电等级（380 V/220 V，50Hz）、用电负荷、配电箱/柜布置、接地与防雷要求；
- b) 应提供电气一次系统与回路清单，关键设备应配置软启动/变频控制及必要的保护装置（过载、短路、缺相、漏电）；
- c) 电气接口宜采用 IP55 防护等级工业连接器（符合 GB/T 11918.1），并预留不少于 20% 的备用回路；
- d) 模块间电缆连接应采用标准化预制电缆或防水接插件，电缆敷设应满足防水、防腐、防机械损伤要求。

5.4.4 通讯与数据接口

通讯与数据接口应符合下列要求：

- a) 模块应支持以太网/4G/5G 等通讯方式，支持 Modbus TCP/RTU、OPC UA 等标准工业协议；
- b) 模块应提供统一点表、数据字典与命名规则，明确字段含义、单位、精度、采集周期、上传周期与质量标识（有效/缺测/维护/校准/估算）；
- c) 数据接口应支持断点续传、异常重传与对账校验机制，确保数据完整性；
- d) 应明确数据安全策略，支持权限分级、账号审计与日志记录功能。

5.5 精准曝气与加药系统

5.5.1 精准曝气系统应符合下列要求：

- a) 应在工厂预集成控制算法，采用溶解氧（DO）模糊 PID 算法，至少配置溶解氧（DO）在线监测，并结合 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 或 ORP 等信号进行分区/分段联动控制；
- b) 精准曝气控制策略应符合：
 - 1) DO 设定值：好氧区宜为 2.0 mg/L~3.0 mg/L，且不应低于 2.0 mg/L（满足微生物活性要求）；厌氧区宜为 <0.2 mg/L，缺氧区宜为 0.2 mg/L~0.5 mg/L；
 - 2) 风量调节响应时间不宜大于 5 min，鼓风机频率调节范围宜为 30 Hz~50 Hz；
 - 3) 采用生物增效技术时，气水比应根据工艺技术文件确定；
 - 4) 应设置低 DO 报警（<1.5 mg/L）及高 DO 保护（>5.0 mg/L），传感器故障时应自动切换至保守运行模式；
- c) 应具备手动/自动切换、上限保护、传感器故障诊断与降级运行策略；
- d) 应记录控制指令与关键过程数据，支持能耗分析与优化，降低电耗 10%~30%。

5.5.2 精准加药系统应符合下列要求：

- a) 应结合在线水质与流量信号（如 TP、pH、浊度等）实现按需投加，利用机器学习（ML）预测磷氮去除率，动态调节药剂投加量；
- b) 加药控制策略应符合：
 - 1) 除磷加药（PAC/PFS）宜根据进水 TP 浓度与流量自动调节，投加系数宜为 1.0~2.0（摩尔比，Al/P 或 Fe/P）；
 - 2) 消毒加药（次氯酸钠）宜根据出水余氯与粪大肠菌群数反馈调节，接触时间不应小于 30 min；
 - 3) 应设置投加上限（不超过设计最大投加量 110%）、断药报警与备用投加方案；
- c) 应形成药剂消耗台账，支持与出水指标联动优化，实现降耗与稳定达标，药剂损耗降低 7.5%~30%。

5.6 可再生能源系统

可再生能源系统应符合下列要求：

- a) 具备条件时，应集成光伏、微风力、尾水势能等分布式能源，宜采用垂直轴微风发电机组（风速 2 m/s~3 m/s 即可发电）；
- b) 应配套储能与能量管理系统（EMS），实现厂区能源优化调度；
- c) 微电网系统应为装备级集成，在工厂完成预装与调试，实现即插即用；
- d) 应明确并网/孤网运行策略、计量与保护方案，并网电压等级宜为 0.4 kV，并网点应设置防孤岛保护；
- e) 关键负荷（如提升泵、风机、仪控与通讯）应具备应急供电保障，应急供电时间不宜小于 2 h。

5.7 废热回收系统

废热回收系统应符合下列要求：

- a) 应采用换热器与热泵（吸收式热泵、磁悬浮热泵等）技术回收污水余热；
- b) 回收热量可用于厂区采暖、工艺加热或生活热水，热泵制热性能系数（COP）不宜低于 4.0；
- c) 系统应设置防腐（接触污水侧应采用不锈钢或钛材）、防堵（设置毛发过滤器，过滤精度不宜大于 2 mm）与维护通道；
- d) 调试阶段应开展能效与安全性验证，形成运行参数与节能评估记录。

5.8 数字孪生系统

数字孪生系统应符合下列要求：

- a) 应基于 BIM/GIS 与现场实时数据构建设施数字孪生模型；
- b) 应实现设备状态、水力/水质关键参数与能耗指标的可视化监测，实时映射不少于 200 个设备参数，延时小于 1 s；
- c) 数字孪生应作为装备的组成部分在工厂预生成，交付时提供轻量化模型及数据接口；
- d) 应支持工况仿真、报警定位、趋势预测与运行策略推荐，支持 CFD 流体仿真优化水力停留时

间（误差 $\leq 3\%$ ）；

- e) 模型与现场数据的同步更新周期应不低于每日一次，关键设备状态应实现分钟级刷新。

6 建设与装配要求

6.1 工厂预制要求

工厂预制应符合下列要求：

- a) 主要焊缝应采用自动化焊接工艺（如机器人焊接），构件几何尺寸极限偏差不应大于 2 mm，孔位偏差等应满足设计与检验要求；
- b) 与污水、污泥、药剂或腐蚀性气体接触的部件应采用不锈钢（如 SS304 及以上）或其他满足耐腐蚀要求的材质，防腐层厚度与附着力应符合相关技术要求；
- c) 关键构筑物与集成单元应在工厂内完成装配与初步调试，并形成模块出厂标识与质量记录；
- d) 工厂预制率不应低于 80%。

6.2 出厂检验（FAT）

模块出厂前应进行工厂验收测试（FAT），形成可追溯的检验记录与合格证明文件。FAT应包括下列内容：

- a) 外观与尺寸检验：模块结构尺寸、连接孔位与接口位置应符合设计图纸要求；
- b) 防腐与材料检验：防腐层厚度与附着力应符合相关技术要求；
- c) 密封与耐压试验：工艺管线、设备连接处应进行密封性检查；涉及压力管道或承压部件时，应按设计要求进行耐压或强度试验；
- d) 电气与控制检验：配电系统接线正确，电气保护功能齐全；PLC 控制逻辑、联锁保护、报警功能与仪表信号采集应满足要求；
- e) 单机试运转：泵、风机、搅拌器、加药装置、阀门执行器等关键设备应完成单机试运转；
- f) 资料交付：出厂应提供模块说明书、出厂检验报告、材质/防腐证明文件、点表与通讯协议说明、备品备件清单。

6.3 运输与吊装

运输与吊装应符合下列要求：

- a) 应采用与模块重量、尺寸相匹配的运输工具与吊装方案；
- b) 吊装应使用模块规定吊点，严禁非设计受力点起吊；
- c) 运输过程中应采取防震、防潮、防腐蚀措施；
- d) 模块总体尺寸应结合道路运输条件与现场吊装能力确定，宜不大于 12 m \times 3 m \times 4 m（长 \times 宽 \times 高）；
- e) 当模块尺寸或重量超出常规运输限制时，应按相关规定办理超限运输许可。

6.4 现场装配

6.4.1 基础与就位

基础与就位应符合下列要求：

- a) 模块基础应平整、稳固，标高与轴线偏差应控制在允许范围内；
- b) 模块就位前应复核基础轴线、标高、预埋件及接口方向，确认与模块接口包一致；
- c) 模块就位应采用规定吊点起吊，严禁强拉硬拽或以接口管线作为受力点；
- d) 模块安装完成后应进行找平、找正与固定，固定方式应满足抗风、抗震、抗浮和运行振动控制要求。

6.4.2 接口连接

接口连接应符合下列要求：

- a) 工艺接口连接应确保密封可靠，必要时进行现场压力或渗漏检查；
- b) 电气接口连接应符合 GB 50303 的规定，接地与防雷系统应完整；
- c) 通讯与数据接口连接应完成链路连通性测试。

6.4.3 装配精度

装配允许偏差应符合下列规定：

- a) 模块构件尺寸偏差： ± 5 mm；
- b) 接口对接位置偏差： ± 3 mm；
- c) 设备安装位置偏差： ± 10 mm；
- d) 关键接口应 100%检查，渗漏为不合格。

6.5 系统联调与试运行

模块装配完成后应进行系统联调与试运行，确保出水水质、能耗水平、运行稳定性及智慧化功能满足设计要求。系统联调与试运行应包括：

- a) 冷态联调：对仪表信号、控制逻辑、联锁保护、报警策略、远程通讯与数据上传进行核验；
- b) 热态联调：在进水条件下逐步提升负荷，验证处理能力、回流/排泥控制、曝气控制与药剂控制的稳定性；
- c) 性能试运行：连续运行考核不少于 7 天，考核内容包括出水达标稳定率、关键设备可用率、单位水量综合电耗、运行数据完整性与智慧平台功能。

6.6 绿色建造与施工安全

6.6.1 绿色建造

为降低建设阶段碳排放，施工组织应符合下列要求：

- a) 优先采用工厂预制与装配化施工，减少现场湿作业与临时材料浪费；
- b) 合理组织运输与吊装路径，降低运输与机械作业能耗；
- c) 施工现场应实施节能用电与用水管理；
- d) 施工过程中应减少扬尘、噪声与污水排放，固体废物应分类收集与资源化处置。

6.6.2 施工安全

施工与装配全过程应满足安全生产与职业健康要求：

- a) 吊装作业应编制专项方案并经审批，指挥与司索人员持证上岗；
- b) 临时用电应符合 GB 50303 的规定，采用漏电保护与接地保护措施；
- c) 进入池体、管廊、井室等有限空间作业前应进行气体检测与通风；
- d) 药剂储存与投加区域应设置防渗、防腐、防泄漏与应急冲洗设施；
- e) 在易燃易爆区域应安装符合 GB/T 3836 系列标准的防爆设备。

7 智慧化与低碳运行要求

7.1 智慧水务系统功能

智慧水务系统应具备下列核心功能：

- a) 实时监控：水质、水量、能耗、设备状态等参数的实时采集与展示；
- b) 智能控制：曝气、加药、回流等单元的自动优化控制；
- c) 预警报警：异常工况自动识别、预警推送与闭环处置；
- d) 数据分析：历史数据查询、统计分析、趋势预测；
- e) 能效管理：能耗监测、碳排放核算、节能优化建议；
- f) 运维管理：设备台账、维护计划、故障记录、备件管理；
- g) 数字孪生：三维可视化、工况仿真、预测性维护；
- h) 移动应用：支持远程监控与操作。

7.2 数据采集与传输

数据采集与传输应符合下列要求：

- a) 关键水质参数（DO、NH₃-N、TN、TP 等）采集周期不宜大于 5 min；
- b) 能耗数据（电耗、药耗等）采集周期不宜大于 15 min；
- c) 设备状态数据（运行/停止、故障等）采集周期不宜大于 1 min；
- d) 数据传输应符合 HJ 212 的规定；
- e) 数据应具备完整性校验、断点续传与日志留痕功能。

7.3 可再生能源配置

7.3.1 可再生能源配置应符合下列要求：

- a) 厂区可再生能源替代率应不低于 10%；
- b) 具备条件时应提升至不低于 30%；
- c) 示范项目可按项目目标提升至不低于 70%。

7.3.2 可再生能源系统应包括下列形式：

- a) 光伏发电：利用厂房屋顶、构筑物顶面等空间安装光伏组件；
- b) 尾水发电：利用尾水势能驱动水轮发电机组；
- c) 废热回收：利用热泵技术回收污水余热；
- d) 其他可再生能源：根据当地资源条件，可配置微风力发电等。

7.4 碳排放核算

碳排放核算应符合下列要求：

- a) 应建立全生命周期碳排放核算机制；
- b) 年度碳排放核算应覆盖能源消耗与工艺过程排放；
- c) 碳排放核算方法应符合 GB/T 2589 的规定；
- d) 应建立碳排放台账，定期评估碳减排效果。

7.5 运行维护

运行维护应符合下列要求：

- a) 应建立设备巡检与维护制度，对关键设备进行日常巡检与定期保养；
- b) 关键设备巡检周期应不大于 7 d；
- c) 关键仪表校准周期应不大于 6 个月；
- d) 应建立运行数据档案，数据留存期限应不少于 3 年。

8 质量控制与验收要求

8.1 验收阶段

验收应分为下列阶段：

- a) 出厂验收（FAT）：在工厂完成，重点核查模块集成质量、接口一致性、单机试运转、控制逻辑与点表完整性；
- b) 到场验收（SAT）：重点核查运输完好性、模块外观与接口完整性、随机资料与备品备件清单；
- c) 安装验收：覆盖基础与定位复核、接口连接质量、压力/渗漏检查、电气与接地测试、联锁与报警验证；
- d) 性能验收：进行连续 7 天运行考核，考核出水达标稳定率、关键设备可用率、单位水量综合电耗、运行数据完整性等。

8.2 性能验收指标

8.2.1 出水达标稳定率不应低于 95%，具备条件时应达到 98%及以上；

8.2.2 单位水量电耗应符合下列规定：

- a) 处理规模为 $500 \text{ m}^3/\text{d}$ ~ $5000 \text{ m}^3/\text{d}$ 时，不应高于 $0.25 \text{ kWh}/\text{m}^3$ ；具备条件时不应高于 $0.20 \text{ kWh}/\text{m}^3$ ；

- b) 处理规模大于 5 000 m³/d 时，不应高于 0.20 kWh/m³；具备条件时不应高于 0.15 kWh/m³；

8.2.3 单位水量碳排放强度应符合下列规定：

- a) 处理规模为 500 m³/d~5 000 m³/d 时，不应高于 0.35 kgCO₂e/m³；具备条件时不应高于 0.30 kgCO₂e/m³；
- b) 处理规模大于 5 000m³/d 时，不应高于 0.30 kgCO₂e/m³；具备条件时不应高于 0.25 kgCO₂e/m³；

8.2.4 工厂预制率不应低于 80%，具备条件时应达到 85%及以上；

8.2.5 可再生能源替代率不应低于 10%，具备条件时应达到 30%及以上，示范项目应达到 70%及以上；

8.2.6 数据上传完整率不应低于 99%，具备条件时应达到 99.5%及以上。

8.3 出水水质验收

出水水质验收应符合下列要求：

- a) 设施在试运行阶段应进行水质监测，确保出水符合 GB 18918 及项目合同规定的水质要求；
- b) 在线监测数据应按分钟级采集、小时级汇总上传；
- c) 人工比对监测应按日/周/月计划实施；
- d) 出水达标稳定率应不低于 95%。

8.4 资料交付

竣工验收合格后，应交付下列资料：

- a) 竣工图（含 BIM 轻量化模型）；
- b) 点表与数据字典；
- c) 联锁逻辑说明；
- d) 运维手册；
- e) 备品备件清单；
- f) 试运行报告；
- g) FAT/SAT 记录；
- h) 能耗与碳排放核算结果。

8.5 培训与移交

培训与移交应符合下列要求：

- a) 应对运行管理人员开展操作与维护培训；
- b) 培训内容应包括系统原理、操作规程、故障处理、安全防护等；
- c) 培训完成后应进行考核，考核合格后方可移交。